

S/N: TBA

11/24/2003

Docket No.: SUG-176-USAP

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Serial No.: TO BE ASSIGNED

Confirmation No.: TO BE ASSIGNED

Applicant: Kazunori HAGIMOTO et al.

Art Unit: TO BE ASSIGNED

Filed: November 24, 2003

Examiner: TO BE ASSIGNED

Docket No: SUG-176-USAP

Customer No: 28892

For: Light-Emitting Device, Method of Fabricating the Same, and
OHMIC Electrode Structure for Semiconductor Device

PRIORITY DOCUMENT TRANSMITTAL

Assistant Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 CFR 1.55 and the requirements of 35 U.S.C. 119, attached hereto are certified copies of the priority documents, Japanese Patent Application No. 2002-345645, filed on November 28, 2002, No. 2002-375211, filed on December 25, 2002, No.'s 2003-025147, 2003-025094, 2003-023432, and 2003-023379 all filed on January 31, 2003, and No. 2003-307049 filed on August 29, 2003.

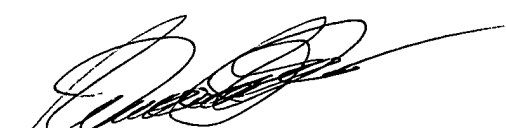
It is respectfully requested that applicant be granted the benefit of the filing date of the foreign application and that receipt of this priority document be acknowledged in due course.

S/N: TBA

11/24/2003

Docket No.: **SUG-176-USAP**

Respectfully submitted,



Ronald R. Snider
Reg. No. 24,962

Date: November 24, 2003

Snider & Associates
Ronald R. Snider
P.O. Box 27613
Washington, D.C. 20038-7613
(202) 347-2600

RRS/jt

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 8 日
Date of Application:

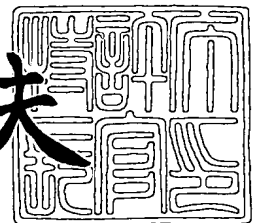
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 4 5 6 4 5
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 4 5 6 4 5]

出 願 人 信 越 半 導 体 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 6 0 4 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0225752S

【提出日】 平成14年11月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社
社 半導体磯部研究所内

【氏名】 萩本 和徳

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社
社 半導体磯部研究所内

【氏名】 能登 宣彦

【特許出願人】

【識別番号】 000190149

【氏名又は名称】 信越半導体株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095751

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅原 正倫

【電話番号】 052-212-1301

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003388

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9901665

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 化合物半導体よりなる発光層部の一方の主表面を光取出面とし、該発光層部の他方の主表面側に素子基板が結合されるとともに、該素子基板と前記発光層部との間に、A g、R u、R h、R e、O s、I r 及び P t のいずれかを主成分に構成された、該発光層部からの光を前記光取出面側に反射させる反射金属層を介在させたことを特徴とする発光素子。

【請求項 2】 前記発光層部はピーク発光波長が 6 7 0 n m 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 3】 前記発光層部は、 $(A l_x G a_{1-x})_y I n_{1-y} P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) 又は $I n_x G a_y A l_{1-x-y} N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x + y \leq 1$) により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の発光素子。

【請求項 4】 前記反射金属層は A g を主成分とする A g 系反射金属層であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 5】 前記発光層部はピーク発光波長が 3 5 0 n m 以上 6 7 0 n m 以下であることを特徴とする請求項 4 記載の発光素子。

【請求項 6】 前記 A g 系反射金属層を、A u G e N i 接合層を介して前記発光層部に接合したことを特徴とする請求項 5 記載の発光素子。

【請求項 7】 前記 A u G e N i 接合層を前記 A g 系反射金属層の主表面上に分散形成したことを特徴とする請求項 6 記載の発光素子。

【請求項 8】 前記 A g 系反射金属層に対する前記 A u G e N i 接合層の形成面積率が 1 % 以上 2 5 % 以下であることを特徴とする請求項 7 記載の発光素子。

【請求項 9】 前記 A g 系反射金属層が、該 A g 系反射金属層と接する保護金属層を介して前記発光層部に接合されていることを特徴とする請求項 5 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 10】 前記保護金属層がAuを主成分とするAu系金属層とされ、
ることを特徴とする請求項9記載の発光素子。

【請求項 11】 前記保護金属層の厚みが0.5nm以上15nm以下とされ、
ることを特徴とする請求項9又は10に記載の発光素子。

【請求項 12】 前記反射金属層が、接合用金属層を介して前記素子基板に
接合されていることを特徴とする請求項1ないし11のいずれか1項に記載の発
光素子。

【請求項 13】 前記接合用金属層がAuを主成分とするAu系金属層であ
る事を特徴とする請求項12記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

【特許文献1】

特開平7-66455号公報

【特許文献2】

特開2001-339100号公報

【0003】

発光ダイオードや半導体レーザー等の発光素子に使用される材料及び素子構造は、長年にわたる進歩の結果、素子内部における光電変換効率が理論上の限界に次第に近づきつつある。従って、一層高輝度の素子を得ようとした場合、素子からの光取出し効率が極めて重要となる。例えば、AlGaInP混晶により発光層部が形成された発光素子は、薄いAlGaInP（あるいはGaInP）活性層を、それよりもバンドギャップの大きいn型AlGaInPクラッド層とp型AlGaInPクラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。このようなAlGaInPダブルヘテロ構造は、AlGaInP混晶がGaAsと格子整合することを利用し

て、GaAs 単結晶基板上に AlGaInP 混晶からなる各層をエピタキシャル成長させることにより形成できる。そして、これを発光素子として利用する際には、通常、GaAs 単結晶基板をそのまま素子基板として利用することも多い。しかしながら、発光層部を構成する AlGaInP 混晶は GaAs よりもバンドギャップが大きいので、発光した光が GaAs 基板に吸収されて十分な光取出し効率が得られにくい難点がある。この問題を解決するために、半導体多層膜からなる反射層を基板と発光素子との間に挿入する方法（例えば特許文献 1）も提案されているが、積層された半導体層の屈折率の違いを利用するため、限られた角度で入射した光しか反射されず、光取出し効率の大幅な向上は原理的に期待できない。

【0004】

そこで、特許文献 2 をはじめとする種々の公報には、成長用の GaAs 基板を剥離する一方、補強用の導電性基板を、反射層を兼ねた Au 層を介して剥離面に貼り合わせる技術が開示されている。この Au 層は反射率が高く、また、反射率の入射角依存性が小さい利点がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、本発明者らが検討したところによると、反射層として Au 層を用いると、発光層部の波長によっては十分な反射効果が得られず、光取出し効率が思ったほど顕著に向上しないことがわかった。

【0006】

本発明の課題は、反射金属層を用いた発光素子において、光取出効率が高く、しかも波長依存性が小さい発光素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】

上記の課題を解決するために、本発明の発光素子は、化合物半導体よりなる発光層部の一方の主表面を光取出面とし、該発光層部の他方の主表面側に素子基板が結合されるとともに、該素子基板と発光層部との間に、Ag、Ru、Rh、Re、Os、Ir 及び Pt のいずれかを主成分に構成された、該発光層部からの光

を光取出面側に反射させる反射金属層を介在させたことを特徴とする。なお、本明細書において「主成分」とは、最も重量含有率の高い成分のことをいう。

【0008】

上記金属元素を主成分とする反射金属層は、Au系金属よりなる反射金属層と比べて反射率の波長依存性が小さく、かつ反射率も高い。その結果、素子の発光波長によらず高い光取出効率を実現できる。具体的には、本発明にて採用するAg、Ru、Rh、Re、Os、Ir及びPtは、可視光域（360nm以上700nm）の全域に渡って高い反射率を確保でき、また貴金属であるため、Alのような金属と比較すれば酸化皮膜等の形成による反射率低下も生じにくい。図7は、鏡面研磨した種々の金属表面の反射スペクトルを示すものであり、プロット点「■」はAgの反射スペクトルを、プロット点「△」はAuの反射スペクトルを、プロット点「◇」はAlの反射スペクトル（比較例）である。また、プロット点「×」はAgPdCu合金である。Agの反射スペクトルは、350nm以上700nm以下（また、それより長波長側の赤外域）、特に、380nm以上700nm以下にて、可視光の反射率が特に良好である。なお、Pdを含有したAg合金は、耐硫化性及び耐酸化性が良好であり、Ag系反射層として用いた場合に反射率の硫化ないし酸化に由来した反射率劣化の防止に効果があり、また、接合金属層との接合強度も高めることができる。

【0009】

他方、Auは有色金属であり、図7に示す反射スペクトルからも明らかなように、波長670nm以下の可視光域に強い吸収があり（特に650nm以下：600nm以下ではさらに吸収が大きい）、発光層部のピーク発光波長が670nm以下に存在する場合に反射率低下が著しくなる。その結果、総発光強度が低下しやすいほか、取り出される光のスペクトルが、吸収により本来の発光スペクトルとは異なるものとなり、発光色調の変化も招きやすくなる。しかしながら、本発明にて採用するAg、Ru、Rh、Re、Os、Ir及びPtは、波長670nm以下の可視光域においても反射率は極めて良好である。すなわち、発光層部のピーク発光波長が670nm以下（特に650nm以下、さらには600nm以下）である場合、本発明の採用により、Auよりもはるかに高い光取出し効率

を実現できる。

【0010】

他方、図7に示すように、Alの反射スペクトルにおいても吸収ピークは生じないが、酸化皮膜形成による反射率低下があるため、可視光域での反射率は多少低い値（例えば85～92%）に留まっている。しかし、本発明にて採用する金属は貴金属であり、酸化皮膜が形成されにくいため、Alよりも高い反射率を可視光域に確保できる。例えば、図7に示すAgの場合、波長400nm以上（特に450nm以上）においてAlよりも良好な反射率を示していることがわかる。

【0011】

なお、図7のAlの反射スペクトルは、鏡面研磨と化学研磨により、表面酸化皮膜の形成を抑制した状態で調整したAl表面について測定したものであり、実際には酸化皮膜が厚く形成されることにより、図7に示すデータよりもさらに反射率が低下する可能性がある。例えば、Agの場合、図7においては、350nm～400nmの短波長域ではAlより反射率が劣っているが、酸化皮膜がAlよりはるかに形成されにくい。従って、実際に発光素子上に反射金属層として形成した場合は、Ag系の反射金属層の採用により、この波長域においてもAlを上回る反射率を達成することが可能である。また、この波長域でも、Agの反射率はAuと比較すればはるかに高い。

【0012】

以上を総合すれば、350nm以上670nm以下（望ましくは400nm以上650nm以下、さらに望ましくは450nm以上600nm以下）の波長域にピーク発光波長を有する発光層部の場合、光取出効率の改善効果がAlやAuに勝って特に顕著になるといえる。上記のようなピーク発光波長を有する発光層部は、例えば $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ ）又は $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$ （ $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x + y \leq 1$ ）により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成することができる。

【0013】

反射金属層は、A g を主成分とする A g 系反射金属層とすることが特に望ましい。A g は比較的安価である上、可視光の略全波長域に渡って良好な反射率を示す。従って、反射光の波長依存性をより小さくすることができ、反射率も高くすることができる。

【0014】

反射金属層は、発光層部への通電経路の一部をなす。反射金属層を A g 系反射金属層として形成する場合、これを化合物半導体よりなる発光層部に直接接合すると、接触抵抗が高くなり、直列抵抗が増加して発光効率が低下する場合がある。そこで、A g 系反射金属層は、A u G e N i 接合層を介して発光層部に接合することが、接触抵抗の低減を図る上で望ましい。なお、A u G e N i 接合層は、A g 系反射金属層と比較すれば、化合物半導体層との合金化が著しいため反射率が劣る。そこで、A u G e N i 接合層を A g 系反射金属層の主表面上に分散形成しておけば、接合層の非形成領域では A g 系反射金属層による高い反射率を確保できる。

【0015】

なお、光取出効果を十分に高めるために、A g 系反射金属層に対する A u G e N i 接合層の形成面積率（A g 系反射金属層の全面積にて A u G e N i 接合層の形成面積を除いた値である）は 1 % 以上 2 5 % 以下とすることが望ましい。A u G e N i 接合層の形成面積率が 1 % 未満では接触抵抗の低減効果が十分でなくなり、2 5 % を超えると反射強度が低下することにつながる。

【0016】

素子基板と発光層部とを反射金属層を挟んで接合する場合、反射金属層を素子基板側に形成しておいてから、その反射金属層に発光層部を接合してもよいし、発光層部側に反射金属層を形成しておいてから、これに素子基板を接合してもよい。また、発光層部側に反射金属層を含む第一金属層を形成し、素子基板に形成した第二金属層と該第一金属層とを接合することも可能である。金属層の具体的な形成方法としては、真空蒸着やスパッタリングなどの気相成膜法のほか、無電解メッキあるいは電解メッキなどの電気化学的な成膜法を採用することもできる

【0017】

反射金属層をなす A g 系反射金属層を発光層部に接合する製法を採用する場合、接合前の A g 系反射金属層の表面が酸化や硫化により光沢が減少したり、あるいは着色したりすることがあり、いずれも、反射強度の低下につながる。そこで、A g 系反射金属層を、該 A g 系反射金属層と接する保護金属層を介して発光層部に接合すれば、A g 系反射金属層の酸化や硫化が効果的に防止される。また、保護金属層を適度に薄く形成することで、発光層部からの光は、保護金属層が介在しているにもかかわらず、A g 系金属の特徴（高反射強度及び低波長依存性）を反映した良好な反射特性が得られる。該効果は、具体的には、保護金属層の厚さ調整により、層を島状に形成し、その島間領域にて A g 系反射金属層を露出させる構造とするか、あるいは、トンネル効果による光透過効果が顕著となるように、保護金属層の厚みを反射すべき光の波長よりも十分小さい厚さとするかの、いずれかにより達成できる。

【0018】

該保護金属層は、化学的に安定な A u を主成分とする A u 系金属層に構成すれば、A g 系反射金属層に対する保護効果が特に顕著である。なお、A g より貴な金属であれば、A u 系金属以外にも、R u、R h、R e、O s、I r 及び P t を主成分とする金属を保護金属層の材質として採用してもよい。

【0019】

保護金属層を過度に厚く形成すると、A g 系反射金属層よりも保護金属層の反射特性が優位となり、A g 系反射金属層特有の高反射率ないし低波長依存性の効果が損なわれることにつながる。また、保護金属層が薄すぎると、A g 系反射金属層を酸化や硫化から保護する効果が十分に得られなくなる。この観点から、保護金属層の厚みは 0.5 nm 以上 15 nm 以下とすることが望ましい。

【0020】

素子基板は導電性基板とすることにより、基板自体を、発光素子を駆動するための導通路の一部として利用でき、素子構造の簡略化を図ることができる。導電性基板としては A l や C u ないしそれらの合金よりなる金属基板を使用すること

もできるが、安価な Si 基板（多結晶基板又は単結晶基板：前者は特に安価である）を用いるとより有利である。

【0021】

次に、反射金属層を素子基板に直接接合するのが困難な場合は、接合用金属層を介して反射金属層を素子基板に接合することができる。接合用金属層としては、Au を主成分とする Au 系金属層が酸化等の影響を受けにくく、素子基板との結合力も確保しやすい。また、素子基板を Si 基板にて構成する場合、Au 系金属層を結合金属層として用いれば、該 Si 基板との接合抵抗も概して低くできる。さらに、Ag 系反射金属層を用いる場合は、Au 系金属層よりなる結合金属層を、Ag 系反射金属層に容易に接合できる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態である発光素子100を示す概念図である。発光素子100は、素子基板をなす導電性基板であるn型Si（シリコン）単結晶よりなるSi基板7の一方の主表面上に、金属層10を介して発光層部24が貼り合わされた構造を有してなる。

【0023】

発光層部24は、ノンドープ $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$ 、 $0.45 \leq y \leq 0.55$ ）混晶からなる活性層5を、第一導電型クラッド層、本実施形態ではp型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるp型クラッド層6と、前記第一導電型クラッド層とは異なる第二導電型クラッド層、本実施形態ではn型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるn型クラッド層4とにより挟んだ構造を有し、活性層5の組成に応じて、発光波長を、緑色から赤色領域（発光波長（ピーク発光波長）が550nm以上670nm以下）にて調整できる。図1の発光素子100では、金属電極9側にp型AlGaInPクラッド層6が配置されており、金属層10側にn型AlGaInPクラッド層4が配置されている。従って、通電極性は金属電極9側が正である。なお、ここでいう「ノンドープ」とは

、「ドーパントの積極添加を行わない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有（例えば $10^{13} \sim 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度を上限とする）をも排除するものではない。

【0024】

また、発光層部24の基板7に面しているのと反対側の主表面上には、AlGaAsよりなる電流拡散層20が形成され、その主表面の略中央に、発光層部24に発光駆動電圧を印加するための金属電極（例えばAu電極）9が、該主表面の一部を覆うように形成されている。電流拡散層20の主表面における、金属電極9の周囲の領域は、発光層部24からの光取出領域をなす。また、Si単結晶基板7の裏面にはその全体を覆うように金属電極（裏面電極）15が形成されている。

【0025】

Si単結晶基板7は、Si単結晶インゴットをスライス・研磨して製造されたものであり、その厚みは例えば $100 \mu\text{m}$ 以上 $500 \mu\text{m}$ 以下である。そして、発光層部24に対し、金属層10を挟んで貼り合わされている。

【0026】

金属層10は、発光層部24と接する反射金属層10aと、Si基板7と接する接合用金属層10bとからなり、反射金属層10aと接合用金属層10b同士が互いに接している。反射金属層10aはAg層（以下、Ag系反射金属層10aという）であり、接合用金属層10bはAu層（以下、Au系接合用金属層10bという）である。発光層部24とAg系反射金属層10aとの間には、AuGeNi接合層32が形成されており、素子の直列抵抗低減に貢献している。AuGeNi接合層32は、Ag系反射金属層10aの主表面上に分散形成され、その形成面積率は1%以上25%以下である。

【0027】

発光層部24からの光は、光取出面側に直接放射される光に、Ag系反射金属層10aによる反射光が重畳される形で取り出される。Au系金属反射層を用いた従来の発光素子は、AlGaInPを用いた発光層部の場合、発光波長が550nm以上600nm以下のとき、Au系金属反射層による吸収が大きくなり、

反射率が低下しやすい欠点がある。しかしながら、本実施形態の発光素子 100 のように Ag 系反射金属層 10a を用いると、上記のような発光波長の発光層部 24 を形成した場合も反射率が低下せず、素子の光取出し効率を著しく高めることができる。

【0028】

なお、Ag 系反射金属層 10a の厚さは、反射効果を十分に確保するため、80 nm 以上とすることが望ましい。また、厚さの上限には制限は特にないが、反射効果が飽和するため、コストとの兼ね合いにより適当に定める（例えば 1 μ m 程度）。

【0029】

以下、図 1 の発光素子 100 の製造方法について説明する。

まず、図 2 の工程 1 に示すように、発光層成長用基板をなす半導体単結晶基板である GaAs 単結晶基板 1 の主表面に、p 型 GaAs バッファ層 2 を例えば 0.5 μ m、AlAs からなる剥離層 3 を例えば 0.5 μ m、さらに p 型 AlGaAs よりなる電流拡散層 20 を例えば 5 μ m、この順序にてエピタキシャル成長させる。また、その後、発光層部 24 として、1 μ m の p 型 AlGaInP クラッド層 6、0.6 μ m の AlGaInP 活性層（ノンドープ）5、及び 1 μ m の n 型 AlGaInP クラッド層 4 を、この順序にエピタキシャル成長させる。

【0030】

次に、工程 2 に示すように、発光層部 24 の主表面に、AuGeNi 接合層 32 を分散形成する。AuGeNi 接合層 32 を形成後、次に、350℃以上 500℃以下の温度域でシンター処理を行ない、その後、AuGeNi 接合層 32 を覆うように Ag 系反射金属層 10a を形成する。発光層部 24 と AuGeNi 接合層 32 との間には、上記シンター処理によりアロイ層が形成され、オーミック接触が形成されて直列抵抗が大幅に低減される。他方、工程 3 に示すように、別途用意した Si 単結晶基板 7（n 型）の両方の主表面に接合層となる AuSb 接合層 10c、15c を形成し、250℃以上 500℃以下の温度域でシンター処理を行なう。そして、AuSb 接合層 10c 上には Au 系接合用金属層 10b を、AuSb 接合層 15c 上には裏面電極層 15（例えば Au 系金属よりなるもの

)をそれぞれ形成する。以上の工程で各金属層は、スパッタリングあるいは真空蒸着等を用いて行なうことができる。さらに、Si単結晶基板の表面に高濃度の不純物(例えばSb)をドーピングした基板を用いる場合は、Au又は上記不純物を含有するAu合金(例えばAuSb)を基板表面に蒸着すれば、シンター処理を敢えて実施しなくともオーミック接触を形成できる。

【0031】

そして、工程4に示すように、Si単結晶基板7のAu系接合用金属層10bを、発光層部24上に形成されたAg系反射金属層10aに重ね合わせて圧迫して熱処理することにより、基板貼り合わせ体50を作る。Si単結晶基板7は、Ag系反射金属層10a及びAu系接合用金属層10bを介して発光層部24に貼り合わせられる。

【0032】

上記の貼り合わせ工程では、熱処理時に、Au系接合用金属層10bのAuと、Ag系反射金属層10aのAgと、Si基板のSiとの3元共晶反応が介在する。例えば、熱処理温度が高すぎたり、あるいはAg系金属反射層10aが薄すぎたりすると、共晶液相が過剰に生じ、Ag系反射金属層10aの大部分が共晶化して良好な反射面を形成できなくなる。これを防止するために、貼り合わせの熱処理温度は50℃以上350℃以下に設定することが望ましい。熱処理温度が350℃を超えると共晶液相が過剰に生じて良好な反射面を形成できなくなり、50℃未満では貼り合わせ強度が不十分となる。また、共晶液相が過剰に生じないためには、Ag系反射金属層10aよりもAu系接合用金属層10bの厚さを小さくしておくこと(例えば1/5以下)が望ましい。

【0033】

次に、工程5に進み、上記基板貼り合わせ体50を、例えば10%フッ酸水溶液からなるエッチング液に浸漬し、バッファ層2と発光層部24との間に形成したAlAs剥離層3を選択エッチングすることにより、GaAs単結晶基板1(発光層部24からの光に対して不透明である)を、発光層部24とこれに接合されたSi単結晶基板7との積層体50aから剥離する。なお、AlAs剥離層3に代えてAlInPよりなるエッチストップ層を形成しておき、GaAsに対し

て選択エッチング性を有する第一エッチング液（例えばアンモニア／過酸化水素混合液）を用いてGaAs単結晶基板1をGaAsバッファ層2とともにエッチング除去し、次いでAlInPに対して選択エッチング性を有する第二エッチング液（例えば塩酸：Al酸化層除去用にフッ酸を添加してもよい）を用いてエッチストップ層をエッチング除去する工程を採用することもできる。このように、発光層成長用基板を全てエッチングにより除去することも、「剥離」の概念に属するものとする。

【0034】

そして、工程6に示すように、GaAs単結晶基板1の剥離により露出した電流拡散層20の主表面の一部を覆うように、ワイヤボンディング用の電極9（ボンディングパッド：図1）を形成する。以下、通常の方法によりダイシングして半導体チップとし、これを支持体に固着してリード線のワイヤボンディング等を行なった後、樹脂封止をすることにより最終的な発光素子が得られる。

【0035】

以下、本発明の種々の変形例について説明する。

反射金属層10a（ここではAg層）と接合用金属層10b（ここではAu層）とは、これらを直接接合するのではなく、図3に示すように、ろう材層10cを介して接合することもできる。この場合、反射金属層10aと接合用金属層10bとをろう材ペースト（あるいはろう材箔）層10cを介して重ね合わせ、ろう付け熱処理することにより接合可能である。ろう材としては、Sn系あるいはSn-Pb系など、液相線温度が363℃以下の半田を用い、ろう付け熱処理を該温度以下にて行なうと、Au-Siの共晶形成を回避しつつ、反射金属層10aと接合用金属層10bとを接合することができる。また、図4に示すように、反射金属層10aと接合用金属層10bとを、導電性接着層10d（例えば、高分子材料に溶剤とAg粉末等の導電性粉末を分散・配合した導電性接着剤の塗布により形成されるもの）を介して粘着接合することも可能である。いずれの場合も、接合用金属層10bをAu層ではなく、Ag系金属層として形成することもできる。

【0036】

また、図5に示すように、基板7と発光層部24との双方にAg系金属層（例えばAg層）10'，10'を形成し、これらを直接拡散熱処理により接合することも可能である。この場合、2つのAg系金属層は接合により一体化し、金属層10の全体が単一のAg系反射金属層となる。なお、この熱処理は、Si基板を用いる場合、Ag-Siの共晶温度（840℃）以下にて行なうことが望ましく、例えば前述のアロイ層形成のための熱処理と同じ温度域（250℃以上500℃以下）を採用することができる。Ag系金属層10'ではなくAu系金属層を用いる場合は、AuとSiとの共晶温度が低いため、図5の接合層32をアロイ層とするためのシンター処理を、Au系金属層の形成前に行なう必要があったが、Ag系金属層10'の場合は、上記のようにAgとSiとの共晶温度が高いため、Ag系金属層10'の形成後にシンター処理を行なうことも十分可能である。さらに、2つのAg系金属層10'，10'を接合する熱処理を、シンター処理に兼用させてもよい。

【0037】

さらに、図6に示すように、Ag系反射金属層10aを、該Ag系反射金属層10aと接する保護金属層10eを介して発光層部24に接合することもできる。具体的には、発光層部24側にAuGeNi接合層32を形成しておき、他方、基板7の主表面には、Ag系反射金属層10aとAu層よりなる保護金属層10eとを、この順序にて形成する。そして、発光層部24の主表面に、保護金属層10eで覆われたAg系反射金属層10aを重ね合わせて熱処理し、接合を行なう。Si基板を用いる場合、該熱処理はAg-Siの共晶温度（840℃）以下にて行なうことが望ましく、AuGeNi接合層32によるアロイ層形成の熱処理に兼用させることも可能である。保護金属層10eの厚さtを0.5nm以上15nm以下にすることで、発光層部24からの光は、保護金属層10eが介在しているにもかかわらず、Ag系反射金属層10aにて良好な反射率にて反射され、保護金属層10による吸収の影響も小さい。なお、AuGeNi接合層32上にAu層32cをごく薄く、例えば1nm以上10nm以下に形成しておけば、Au系の保護金属層10eとの接合強度を高めることができる。

【0038】

また、図 1 に一点鎖線で示すように、反射金属層 10 a と発光層部 24 とを、透明導電性酸化物層（例えば ITO（Indium Tin Oxide）層）30 を介して接合することもできる。この場合、AuGeNi 接合層 32 を省略することもできる。

【0039】

以上の実施形態では Ag 系反射金属層 10 a を用いていたが、Ag 系反射金属層 10 a に代えて、Ru、Rh、Re、Os、Ir 及び Pt のいずれかを主成分とする反射金属層（例えば Pt 系反射金属層）を形成してもよい。さらに、電流拡散層 20 に代えて、ITO 層等の透明導電性酸化物層を形成し、その上に電極 9（ボンディングパッド）を配置してもよい。

【0040】

また、以上の実施形態では、発光層部 24 の各層を AlGaInP 混晶にて形成していたが、該各層（p 型クラッド層 6、活性層 5 及び n 型クラッド層 4）を AlGaInN 混晶により形成することもできる。発光層部 24 を成長させるための発光層成長用基板は、GaAs 単結晶基板に代えて、例えばサファイア基板（絶縁体）が使用される。この場合、発光波長が 470 nm 以上 600 nm 以下のとき、Ag 系反射金属層 10 a を採用することによる反射率向上効果が大きい。また、発光層部 24 の各層は、上記実施形態では、基板側から n 型クラッド層 4、活性層 5 及び p 型クラッド層 6 の順になっていたが、これを反転させ、基板側から p 型クラッド、活性層及び n 型クラッド層の順に形成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の発光素子の一実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図 2】

本発明の発光素子の製造工程の一例を示す説明図。

【図 3】

本発明の発光素子の製造工程の第一変形例を、それにより得られる発光素子の構造の要部と共に示す説明図。

【図 4】

本発明の発光素子の製造工程の第二変形例を、それにより得られる発光素子の構造の要部と共に示す説明図。

【図 5】

本発明の発光素子の製造工程の第三変形例を、それにより得られる発光素子の構造の要部と共に示す説明図。

【図 6】

本発明の発光素子の製造工程の第四変形例を、それにより得られる発光素子の構造の要部と共に示す説明図。

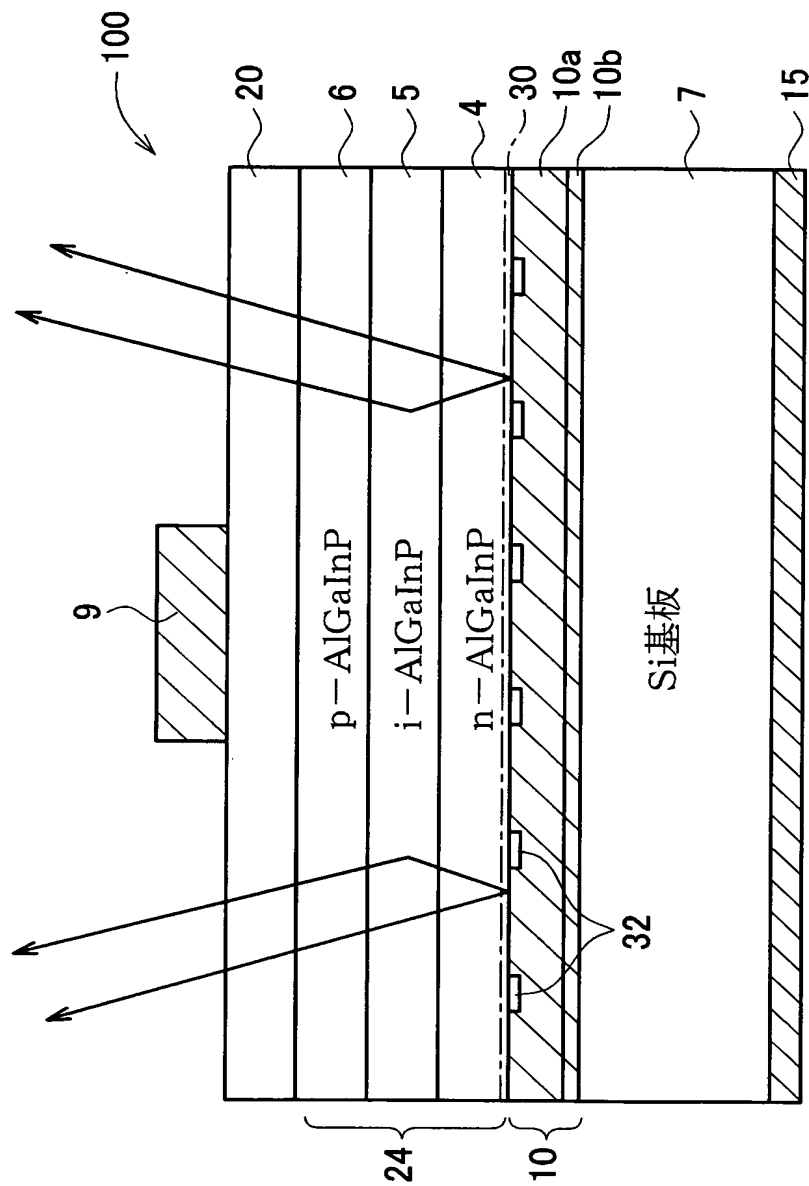
【図 7】

種々の金属の反射スペクトルを示す図。

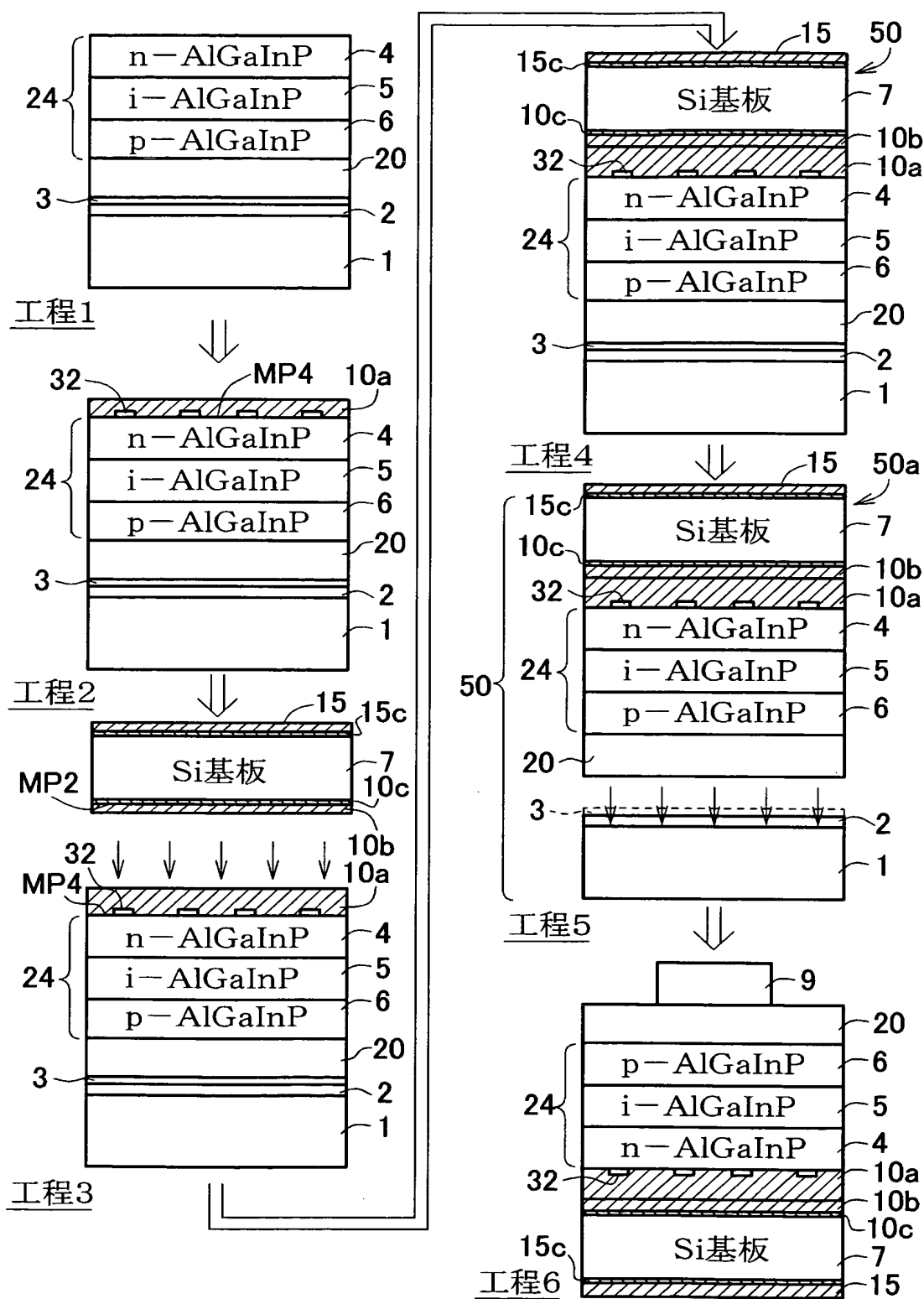
【符号の説明】

- 1 G a A s 単結晶基板（発光層成長用基板）
- 4 n 型クラッド層（第二導電型クラッド層）
- 5 活性層
- 6 p 型クラッド層（第一導電型クラッド層）
- 7 S i 単結晶基板（素子基板）
- 9 金属電極
- 10 金属層
- 10a A g 系反射金属層（反射金属層）
- 10b A u 系接合用金属層（接合用金属層）
- 24 発光層部
- 100 発光素子

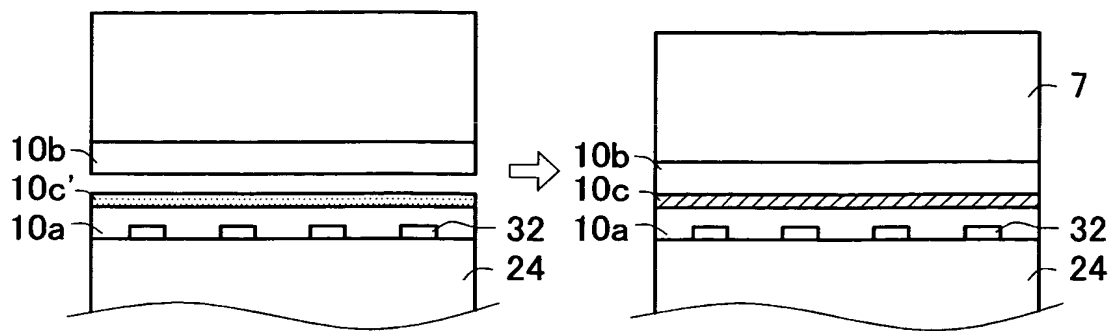
【書類名】 図面
【図1】



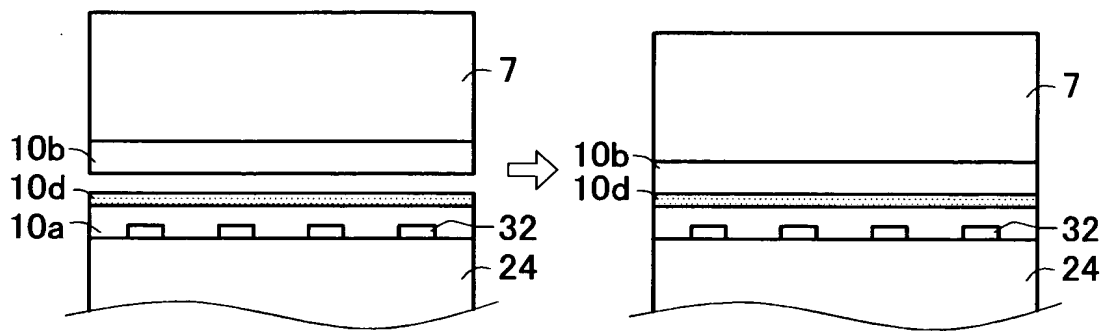
【図2】



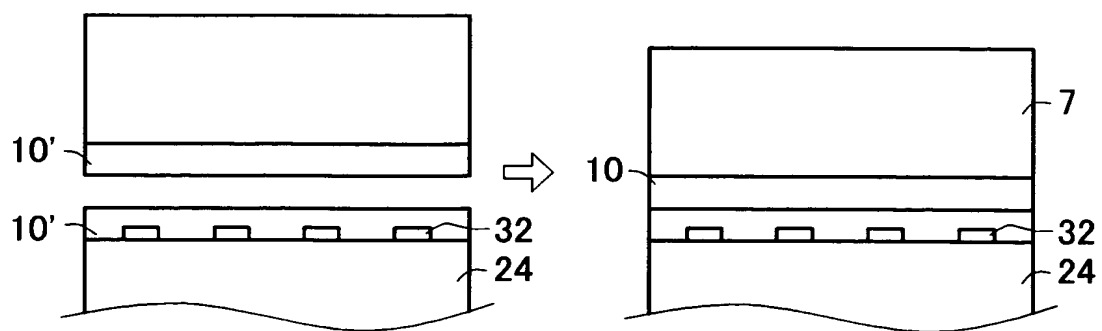
【図 3】



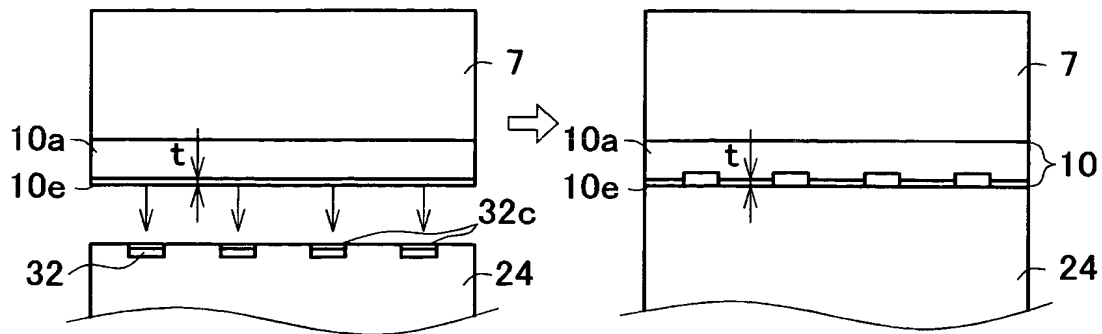
【図 4】



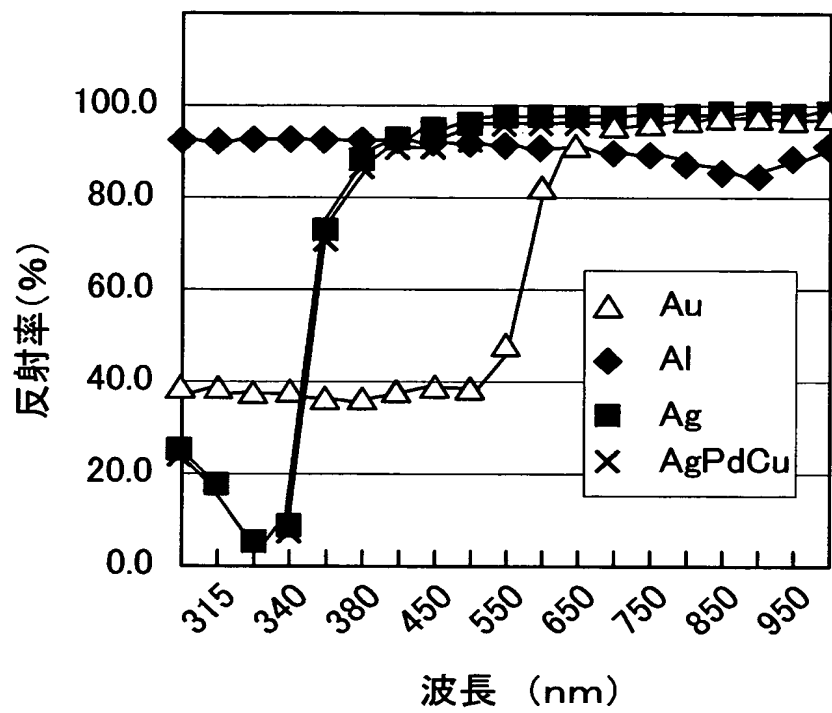
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 反射金属層を用いた発光素子において、光取出効率が高く、しかも、波長依存性が小さい発光素子を提供する。

【解決手段】 化合物半導体よりなる発光層部 2 4 の一方の主表面を光取出面とし、該発光層部 2 4 の他方の主表面側に素子基板 7 が結合される。また、素子基板 7 と発光層部 2 4 との間には、発光層部 2 4 からの光を光取出面側に反射させる A g 系反射金属層 1 0 a を介在させる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 4 5 6 4 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 9 0 1 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

氏 名

信越半導体株式会社